

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-288247

(43) 公開日 平成7年(1995)10月31日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/3065

21/28

F

H 0 1 L 21/ 302

J

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-79083

(22) 出願日 平成6年(1994)4月19日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 オチュット クマール ドット

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

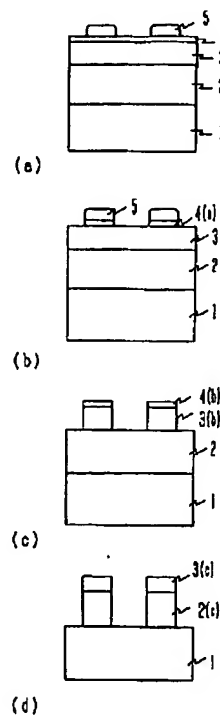
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 酸化シリコン膜のドライエッチング方法

(57) 【要約】

【目的】 滑らかな側壁をもち垂直なプロファイルの酸化シリコン膜のエッチング方法を提供する。

【構成】 基板上的酸化シリコン膜2上に、ハードベークしたレジスト3、薄いTi層4、レジスト5を形成する。レジスト5とTi層4をパターニングし、レジスト5を酸素ベース反応性イオンエッチングで除去する。次にレジストパターン3(b)を形成し、フルオロカーボンガスを用いた反応性イオンエッチングにより、下層の酸化シリコン膜2をドライエッチングする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】サブミクロン範囲の浅い酸化シリコンをドライエッチングする方法において、

(A) 多層マスクを作製する工程を有し、この工程は、  
(a) フォトリソグラフィを使用してフォトレジストパターン(5)を作製する工程と、(b) 薄いTiパターン4(a)を作製する工程と、(c) ハードベークされた光無感応性レジストパターン3(b)を作製する工程とからなり、

(B) フルオロカーボンガスの反応性イオンエッチングまたは反応性イオンビームエッチング技術を使用して、下層の酸化シリコン(2)をドライエッチングする工程を有することを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項2】請求項1記載の浅い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、

ハードベークされた光無感応性レジスタパターン3(b)を、

8Pa(パスカル)以下の圧力、0.2W/cm<sup>2</sup>以下の電力、および-400V以上の自己バイアスの条件下で、酸素ベースの反応性イオンエッチング(RIE)を使用し、エッチング残留物を除去するために水酸化アンモニアを含むエッチャントを使用して、数秒間ウェットエッチングを行うことにより作製することを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項3】請求項1記載の浅い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、

薄いTiを使用する代わりに、ハードベークされたレジストに対して良好な付着性を有し、200℃以下で堆積される、Si、SiN<sub>x</sub>を使用することを特徴とする浅い酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項4】請求項1記載の浅い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、

下層の酸化シリコン(2)のエッチングを、ハードベークされた光無感応性レジストパターン3(b)のマスクパターン、または光無感応性レジストパターン3(b)と薄いTiパターン4(a)より成るマスクパターンを使用して行うことを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項5】深い酸化シリコンをドライエッチングする方法において、

(A) 多層マスクを作製する工程を有し、この工程は、  
(a) フォトリソグラフィを使用してフォトレジストパターンを作製する工程と、(b) 金属パターン8(a)を作製し、(c) 緩衝層となる薄い金属(6)上にハードベークされた高分子パターン7(b)を作製する工程からなり、

(B) 反応性イオンエッチング技術を使用してフルオロカーボンガス・プラズマで酸化シリコンをドライエッチングする工程を有することを特徴とする酸化シリコン膜

のドライエッチング方法。

【請求項6】請求項5記載の深い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、  
緩衝層(6)および上部金属(8)として使用する材料の種類が、互いに異なることを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項7】請求項5記載の深い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、  
ハードベークされたレジスト(7)上で設けられる上部金属(8)は、TiまたはアモルファスSiまたはSiN<sub>x</sub>の中のいずれかであることを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項8】請求項5記載の深い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、  
使用されるハードベークされた材料(7)が、300℃以上に耐えることができ、および酸素プラズマを使用して容易にドライエッチングできるレジスト(光感応性または光無感応性)であることを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項9】請求項5記載の深い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、

酸化シリコン(2)を、上部金属パターン8(a)、付着性を増強させるために使用される緩衝層(6)上にあるハードベークされたレジスト7(b)より成るマスクパターンを使用してエッチングすることを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項10】請求項5記載の深い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、

酸化シリコン(2)を、酸化シリコン(2)に対するハードベークされたレジスト(7)の付着性を増強するために使用される緩衝層(6)上にあるハードベークされたレジスト7(b)のマスクパターンを使用してドライエッチングすることを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項11】請求項5記載の深い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、

酸化シリコン(2)を、薄い金属8(a)、ハードベークされたレジスト7(b)、および下部の薄い金属6(c)より成るマスクパターンを使用してエッチングすることを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【請求項12】請求項5記載の深い酸化シリコン膜のドライエッチング方法において、  
酸化シリコン(2)を、ハードベークされたレジスト7(b)と薄い緩衝層6(c)より成るマスクパターンを使用してエッチングすることを特徴とする酸化シリコン膜のドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、VLSIおよびフォト

ニック集積プロセスを用いるために、薄いまたは厚い酸化シリコンを微細に除去する方法に関する。

【0002】本発明は、任意の厚さを有するドーブおよびノンドーブの酸化シリコンをエッチングする方法に関し、特に、滑らかな側壁を有する酸化シリコンの深い垂直なドライエッチング方法に関する。特に、3次元集積回路に有益な酸化シリコン内のコンタクトホール、またはシリカベースの光学部品の製造に有益な厚い酸化シリコンをエッチングし、またシリコン結晶基板上にハイブリッドモジュールを作製するのに用いることができる。

【0003】

【従来の技術】ドーブおよびノンドーブの酸化シリコンは、フルオロカーボンを使用する、反応性イオンエッチング(RIE)または反応性イオンビームエッチング(RIBE)によるプラズマアシストイオンエッチングを使用してエッチングされる。デバイスのサイズが徐々に縮小するに従って、1000~5000オングストロームの厚さの垂直エッチングは、酸化シリコン内にコンタクトホールを作製する際の必須の要件である。このためには、マスク材料の選択が、その平滑さとともに重要な役割を果たす。酸化シリコンのエッチングに対して、フォトレジストおよび金属がマスク材料として一般に使用される。特別の処理を行うことなく、一般のフォトレジストを、酸化シリコンのエッチングに用いることができる。

【0004】この場合、一般のフォトレジストは、フルオロカーボンガス・プラズマ中で、下層の酸化シリコンのエッチングに対する通常は1~2の低い選択度を示す。それだけでなく、酸化シリコンのエッチングプロセス中、高エネルギーイオンによるフォトレジストパターンの塑性流動が、エッチングパターンを拡大させる。このため、通常のフォトレジストマスクの単一層は、エッチングプロセス中にマスク材料の更なる安定性を要求する微細構造パターンへのエッチングには使用できない。従来、ポリイミドおよび厚いA1(アルミニウム)より成る多層化されたマスク材料を使用するシリコンまたは他の基板のエッチングが知られている。同じ種類の多層化されたマスクを、また、酸化シリコンのエッチングに使用できる。しかしながら、酸化シリコンのエッチング自体にのみ利用できる特定の方法是開発されていない。このためには、マスク材料を設ける条件が、最適化されるべきである。多層化されたマスクを設けるために普通のプロセスが使用されると、垂直で滑らかなマスクプロファイルを作成することが困難となり、このために、続いてエッチングされた層が、それらのプロファイル形状の悪化を一般に示す。このエッチングされたプロファイルは、幾つかの応用に、特に、光学デバイスの製造に使用できない。

【0005】図7(a)~(d)は、A1金属層10が、Si基板1上にコーティングされハードベークされ

たポリイミド9上へ蒸着される通常のエッチングプロセスの一例を示す。通常のプロセスにおいては、使用される上部A1層10の厚さは、1000~2000オングストロームの範囲にあり、およびそのパターンは、マスクとしてフォトレジスト11を用いて、ドライエッチング技術を使用して作製される。このA1をドライエッチングするには、一般の反応性イオンエッチング(RIE)技術が、塩素(C1)ベース反応性ガス・プラズマ内で使用される。プロセスが反応性ガス・プラズマ内で行われると、A1ベース化合物がA1側壁上に堆積され、このバシベートされた層12は、ポリイミドエッチングの前に容易に除去できない。このバシベートされた層12のサイズが非常に大きいので、サブミクロン範囲のパターンを得ることが困難である。このバシベートされた層は、超音波洗浄で一般のレジストエッチャントを使用してウェットエッチングできる。

【0006】しかしながら、この追加のプロセスの故に、A1パターンの部分的な剥離が、ポリイミドとのA1の乏しい付着性により発生する。これは、ポリイミドとA1層との間に緩衝層を使用して少しは緩和される。特開昭58-114433号公報「改良硬化性ポリウレタン」は、A1、C、ポリイミド層より成る2層マスクを用いて、シリコンウエハ内にホールを形成することを開示している。A1パターン上にバシベートされたエッチング残留物が残り、パターンをだめにするのを避けるために、Cが用いられる。このプロセスは、薄い膜を制限された速度で堆積する追加の工程を必要とする。それ故、多層化されたマスクを使用するだけの簡単なプロセスが、単純な手段を使用して実現できることが望ましい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】前述のように、VLSIプロセスの応用においては、エッチングされる酸化シリコンの厚さは、通常、1000~5000オングストロームで変化する。ここでは、垂直な側壁を有するサブミクロン範囲のパターンを実現することが、主な目的であり、これらパターンは、これまでに開発された通常のエッチング技術を使用して実現される。

【0008】通常はLSIは、電気的ベースの回路であるので、そのエッチングされたプロファイルの側面の滑らかさは、全体の性能上問題にはならない。深い酸化シリコンを、VLSIで使用されるのと同じエッチングプロセスを使用してエッチングすると、垂直で滑らかなプロファイルが得られない。したがって、2μm以上の深いエッチング厚さに対しては、側面平滑性ととともに異方性エッチングが制御されるような、プロセスが開発されるべきである。VLSI応用に使用できる浅い酸化シリコンのエッチングにおいては、プロファイルの垂直性が、前述のようなプロセスの使用によって制御できる。この場合においてさえも、エッチング厚さが5000オ

ングストロームまで(しばしば最高で1 $\mu$ mまで)変化すると、マスク材料として一般のフォトレジスト(例えば、AZ1350JまたはPMMAまたはAZ4903等)の同じ厚さの使用は、垂直な酸化シリコン・プロファイルはある程度達成するのには問題はない。そのプロファイルの形状は、エッチング条件とフォトレジスト処理に依存する。深い酸化シリコンのエッチングは、厚いフォトレジストマスクを使用してまたは金属のような他の種類のハードマスクを使用しても実行できる。次の下層のエッチングのプロファイル角度が重要な要因であると考えられない場合には、酸化シリコンのエッチングの厚さと同じまたはそれ以上の厚さのフォトレジストを、深い酸化シリコンのエッチングに対するマスク材料として使用できる。

【0009】図8(a)、(b)は、厚いフォトレジストパターン15がエッチングされる酸化シリコン2上に作製された深い酸化シリコンに対する従来のエッチングプロセスの1つの典型的な例を示す。図8(a)に示すように、マスクとして使用されるフォトレジストの厚さが1.5 $\mu$ m以上であると、普通のフォトリソグラフィ技術を使用して垂直なマスクプロファイルを得ることが困難となり、酸化シリコンのエッチングされたプロファイルが、フォトレジストの厚さに依存するテーパのついたプロファイル角度を示す。

【0010】例えば、フォトレジストの厚さが厚くなればなるほど、フォトリソグラフィの続くフォトレジストパターンの側壁角度(図8(a)での $\theta_1$ )が、90°より小さくなっていく。したがって、テーパのついたフォトレジストパターンが、次の酸化シリコンのエッチングでマスクとして使用されると、そのエッチングプロファイルは、図8(b)に示すように、フォトレジストマスクと同等のまたはそれ以下のテーパのついたプロファイル角度( $\theta_2$ )を常に示す。下層のエッチングされた層のプロファイル角度は、最初のレジストパターン角度に依存するだけでなく、フォトレジストとエッチングされる材料(この場合には酸化シリコン)の両方のエッチング速度に依存する。これらのほかに、エッチング条件が、プロファイル角度にまた重要な役割を果たす。例えば、高エネルギーイオンが使用されるエッチング条件であると、達成されるテーパのついた角度がフォトレジストマスクの角度以下となり、また、下層のエッチングパターンが、フォトレジストマスク侵食により広がる。それ故、厚いフォトレジストマスクの使用が、下層のエッチングに対しテーパのついたプロファイルを与えることが解る。テーパのついた角度は、制御が困難であり、使用されるフォトレジストの種類および厚さ、およびまたエッチング条件に依存する。更に、厚いフォトレジストマスクが使用されると、また、深い酸化シリコンの垂直なエッチングが全く不可能となる。90°に近いプロファイル角度で、深い酸化シリコンをエッチングするプ

ロセスが開発されなければならない。

【0011】酸化シリコンの垂直なエッチングに対して、金属のようなハードマスク材料が使用できる。CrまたはNi-Cr合金またはAlのような金属マスクを、深い酸化シリコンのエッチングに使用できる。図9は、深い酸化シリコンのエッチングを示す略図であり、基板1上に堆積された酸化シリコン2上に金属マスク16が蒸着される。フォトリソグラフィに続いて、レジストパターン17が作製され、続いて金属パターン16(a)がドライエッチングまたはウェットエッチングを使用して作製される。いずれのエッチング技術が使用されとしても、金属パターン16(a)が、側面粗さ18を常に示し、および下層2の続くエッチングも側面粗さ19を示す。一般には、Cr、Mo、W等のような高沸点を有する金属が、金属マスクとして使用される。プロセスから見ると、金属マスクを使用することは、深い酸化シリコンのエッチングに対する最も簡単な方法である。

【0012】しかしながら、それは、幾つかの欠点を有する。例えば、滑らかなマスクパターンは、ドライエッチングを使用してさえも得ることが困難であり、それ故、マスクパターンの形状に従う酸化シリコンのエッチングは、エッチングされたプロファイルの側壁の高い粗さを有する。この側面粗さの程度は、金属マスクパターンが作製されるエッチング技術に依存する。反応性ガス・プラズマまたはアルゴン(Ar)イオンビームエッチング技術のドライエッチング技術を使用しても、側面粗さを、達するのが困難である一定の程度に減少させることができない。今までの実験において、Crマスクの使用により、続く酸化シリコンのエッチングの結果生じた側面粗さが、1200オングストローム以上となることがわかった。エッチングされたプロファイルに生じた側面粗さのこのレベルは、滑らかな垂直エッチングが非常に望まれる応用に、特に、フォトニック集積プロセスの応用に使用できない。したがって、深い酸化シリコンのエッチングに対して、良好に定められたプロセスを開発しなければならないことは明らかである。いずれの一般のエッチング技術も酸化シリコンのエッチングに使用できるが、滑らかな側壁を有する垂直なプロファイルを得ることは困難である。滑らかな側壁を有する垂直なプロファイルを得るためには、マスク平滑性を含むエッチングプロセスを、下層の酸化シリコンのエッチング前に行わなければならない。

【0013】

【課題を解決するための手段】前述した問題は、本発明を用いることによって完全に解消することができる。本発明では、浅いおよび深い酸化シリコンのエッチングに対し、滑らかな側壁を有する垂直にエッチングされたプロファイルを達成するのに、異なる技術が用いられる。

【0014】最初に、普通の微細構造の酸化シリコンの

エッチングにおいて直面する方法を説明する。このエッチング方法は、サブミクロン範囲の酸化シリコンのエッチングのエッチングに対して、普通のフォトレジスト、薄い金属、および光無感応性レジストより成る多層化されたマスクの使用に基づいている。この場合、金属マスクとして、チタン(Ti)を用いる。その理由は、Tiがハードベークされたレジストに対して良好な付着性を示すからである。クロム(Cr)のような他の金属がハードベークされたレジスト上に使用されると、亀裂が発生することが解った。厚い層のAlを有する多層化されたマスクが使用される従来のエッチングプロセスと比較して、我々は、600オングストローム以下の厚さのTiの薄い層を使用する。その結果、ウェットエッチングまたは簡単なイオンビームエッチングのいずれもが垂直で滑らかなTiのパターンを与える。それ故、反応性ドライエッチングによるAlの粗さのために従来のプロセスで発生する問題を克服できる。緩衝層(前述の特開昭58-114433号公報参照)は、ハードベークされたレジストに対する金属の付着性を増強するために必要でなくなる。

【0015】次に、ハードベークされたレジストを、イオンビームエッチング(IBE)技術を使用する代わりに酸素ベースのRIEを使用してドライエッチングする。プロセス圧力は8パスカル以下であり、電力は0.20W/cm<sup>2</sup>以下である。プロセスの自己バイアスは-400V以上とする。この条件下で、ハードベークされたレジストのエッチング速度が700オングストローム/分以上となることが解り、Tiエッチング速度を殆ど無視できた。次の酸化シリコンのエッチング前に、上部金属層をエッチングしまたは残すことができる。

【0016】高い歩留りを持つ深い酸化シリコンのエッチングに対して、酸化シリコンと光無感応性レジストとの間の薄い金属層より成る緩衝層を使用する。フォトレジストを使用する代わりに光無感応性レジストを使用することは、エッチングプロセス中のマスクの安定性を増大させ、側面粗さの小さいより垂直なプロファイルを実現できる。特に定義しない限り、レジストという用語は、この実施例において主要層として用いられる光無感応性レジストを意味する。240℃以上の温度によるレジストのハードベークは、レジストから水分および他の不所望なガスを放出させるために行われる。薄い酸化シリコンのエッチングに対して、1.5~2.0μmのハードベークされたレジストを、レジスト侵食を避けるために使用する。しかしながら、深い酸化シリコンのエッチングにおいて、所望の酸化シリコンのエッチング厚さより1~2μm厚いレジスト厚さが要求され、それは、多工程スピニングを用いて、スピン塗布される。このとき、各ステップに続いて、高温ベークが必要とされ、水分および他の不所望のガスをベーク中に放出できる。

【0017】酸化シリコンとハードベークされたレジストとの間に、緩衝層として薄い金属を用いることにより、反応性プラズマに対する上部の多層化されたマスクの安定性を改良できる。そうでなければ、酸化シリコンに対するハードベークされたレジストの乏しい付着性により、多層化されたマスクパターンが、長時間の酸化シリコンのエッチングプロセス中に剥離し、不所望の酸化シリコンのエッチング・プロファイルが作製される。緩衝金属層の厚さは、150オングストローム以下である。本発明の特徴は、この薄い緩衝金属層が、酸化シリコンに対する上部のハードベークされたフォトレジストの安定性を改良するだけでなく、ハードベークされたレジストのパターニング中にエッチング・ストップとして機能することである。下層のエッチングに続き、残された上部のハードベークされたレジストを金属のウェットエッチングによりリフトオフできる。マスクパターンを滑らかにすることが、次のエッチング・プロファイルに重要な役割を果たす。

【0018】ハードベークされたレジストの垂直なパターンは、8パスカル以下の圧力および-400V以上の自己バイアスで動作された酸素ベースのRIE技術を使用して得られる。この条件下で、ハードベークされた光無感応性レジストのエッチング速度が700オングストローム/分以上であり、および上部の薄いTiはエッチングされない。エッチング・プロファイルの滑らかな側壁を得るためには、ハードベークされたレジストのパターニングに続いて、緩衝金属表面とハードベークされたレジストの側壁上にバシバートされたエッチング残留物を、使用される上部金属(この場合Ti)の一般のウェットエッチャント中に試料を浸漬してエッチングできる。例えば、上部金属がTiであると、エッチング残留物は、TiエッチャントすなわちNH<sub>4</sub>Fを含む溶液を使用してエッチングされる。

【0019】しかしながら、異なる種類の金属層を、緩衝層および上部金属の両方に使用しなければならない。前述したように、Crが上部のマスクとして使用されると、ハードベークされたレジスト上へ蒸着されまたは堆積された金属に亀裂が発生することが解った。これが、Crを上部の金属層として使用することを推奨できない理由である。この実験は、上部金属としてTiを、および緩衝層としてCrを使用して行った。他の組合せも使用できる。緩衝層の金属は、高い沸点を有し、フルオロカーボンガス・プラズマで容易にドライエッチングできる(フルオロカーボンガスは、酸化シリコンのエッチングに用いられる)種類の薄い金属層とすべきである。Siまたはポリシリコン、あるいは250℃以上の温度に耐えることができ、酸素プラズマでドライエッチングできない、例えば、Mo、Ni-Cr合金、Ti、WSi<sub>2</sub>、Pt、Ta等のような、いかなる種類の金属とする

【0020】上部の金属は、下部の薄い金属と異なるものとし、Ti, Al, Si, またはポリシリコン等とすることができる。上部の金属層は緩衝層と同じ金属にすべきでない。その理由は、酸素ベースのRIEに続いて、エッチングされた表面およびハードベークされたレジストの側壁上に形成されると思われるエッチング残留物が、下層の酸化シリコンのエッチングの前にウェットエッチングされるからである。同じ種類の金属が使用されると、ハードベークされたレジストのエッチングに続くウェットエッチングが、上部の多層化されたマスクを

【0021】

【実施例】最初に、VLSIの応用にしばしば利用される、酸化シリコン内に微細構造の細いホールを作製するために使用できるエッチングプロセスを説明する。図1は、微細構造の酸化シリコンのパターンを作製する第1の実施例でのエッチングプロセスを示す図である。

【0022】任意の厚さを有するドーブおよびノンドープの酸化シリコン2を、シリコン基板1上へ堆積する。続いて、1.5 $\mu$ m以上の厚さを有する光無感応性レジスト3（例えば、商標名：OFR-GA2）をスピン塗布し、続いて45分間以上240℃以上の温度でそれをベークする。この実施例に使用されたレジストは、他に特に述べない限り、光無感応性レジストであるということに留意すべきである。ハードベークに続いて、600オングストローム以下の厚さのTi4の薄い層を、ハードベークされたレジスト3上に蒸着し、それを一般

【0023】本実施例の特徴は、従来のエッチングプロセス（図7参照）と比較して、Tiの薄い層を使用することにある。フォトリソグラフィに続いて、Tiの薄い層を、普通のエッチャントを使用してウェットエッチングするか、またはIBEを使用してドライエッチングして、Tiパターン4（a）を形成することができる。薄いTiを使用することの利点は、そのパターン4（a）を形成するのに反応性イオンエッチングを必要とせず、したがって従来のプロセスにおいて見られるような問題、例えば側壁上のエッチング残留物のパシベーション、およびパシベートされた層のエッチング中のパターンの剥離などが生じないことである。

【0024】Tiパターン4（a）の形成に続き、上部のハードベークされたレジストを、酸素ベースの反応性イオンエッチング技術を使用してエッチングする。プロセス圧力および電力は、それぞれ、8パスカル以下および0.20W/cm<sup>2</sup>以下とし、自己バイアス電圧を-400V以上とする。ガス流量は、レジストパターンを一層細くするアンダーカットを避けるために、できるだけ

低く維持しなければならない。

【0025】本発明の他の特徴は、酸素ベースのIBEを使用する代わりにRIEを使用する結果、比較的に高いエネルギーのイオンによる損傷も発生しないことである。ハードベークされたレジストパターン3（b）の形成に続き、下層の酸化シリコンを、RIEまたはRIBE技術のような技術を使用して、フルオロカーボンガス・プラズマ内でドライエッチングする。上部の金属が、酸化シリコンのエッチング厚さに依存して酸化シリコンのエッチングに対して10以下の選択度を一般に有するTiであると、上部のTi層は、ハードベークされたレジストのマスクと共に残される。その場合、両方を、一般のウェットエッチャント、続いて酸化シリコンのエッチング（図1に示されない）を使用して分離的にウェットエッチングする。

【0026】図2は、第2の実施例でのサブミクロン範囲に対する酸化シリコンのエッチングプロセスを示す図である。図2において、第1の実施例と同一の部材には、同一の符号を付して示す。第2の実施例において、ハードベークされたレジストのパターン3（b）の形成に続き、上部の薄いTi金属を、水酸化アンモニアを含む一般のウェットエッチャントを使用してウェットエッチングする。レジストのパターンが酸素プラズマ内で作製されると、Ti表面が酸化する可能性があるため、その場合、2段階のウェットエッチングが使用される。その後、酸化シリコンのエッチングを、ハードベークされたレジストのパターン3（b）のみをマスクとして行う。下層の酸化シリコンのエッチングに対するマスクとしてハードベークされたレジストのパターン3（b）の使用は、エッチング・プロファイル形状に影響しない。

【0027】本実施例（図1および図2）においては、薄いTiは、ハードベークされたレジストのパターニングにマスクとして使用した。酸素プラズマでエッチングすることが困難であるSi, ポリシリコン, Al, Mo等のような他の種類の材料を、ハードベークされたレジストのパターンを作製するマスク材料として使用できる。本実施例において、光無感応性レジストを、多層化されたマスクに使用した。一般のフォトレジストも使用できる。しかしながら、その場合、ベーク温度は、プラズマ曝露の際にフォトレジストを光無感応にするために約300℃（そのガラス転移温度により更に高い温度）にしなければならない。薄いTi層が、ハードベークされたレジストのエッチングにおいてマスク材料として使用されるため、反応性ガスを使用する追加ドライエッチングプロセスは、必要でない。したがって、そのエッチング中にパシベートされたエッチング残留物が形成される機会はなく、パシベートされた層のエッチング中にそのパターンを剥離する機会は少ない。したがって、ハードベークされたレジストおよび酸化シリコンのエッチングの両方のパターンは、更に垂直かつ滑らかになる。

これらの実施例は、従来のプロセスを使用するならば、達成することは非常に困難である。

【0028】上記においては、サブミクロン範囲の浅い酸化シリコンのエッチングに対するプロセスを説明した。ここからは、任意の厚さの酸化シリコンのエッチング、特に、2 $\mu$ m以上の深い酸化シリコンのエッチングに対して開発された異なるプロセスについて説明する。同じ種類のプロセスが、また、浅いサブミクロン範囲の酸化シリコンのエッチングに使用できることに留意すべきである。前述のようなエッチングプロセスは、また、10 深い酸化シリコンのエッチングに使用できる。唯一の違いは、ハードベークされたレジストの厚さが厚いことである。この場合、酸化シリコンのエッチングは、一定のエッチング条件でのみ可能である。多層化されたマスクの剥離が、エッチングプロセス中の高エネルギーイオン入射により発生するからである。この問題は、酸化シリコンのエッチングプロセスがエッチング厚さに依存して長くなる時に、常に生じる。これは、スピン塗布されるレジストに対する付着を弱くする酸化シリコン表面の前汚染によると最初は考えられた。この問題は、前汚染を20 除去するために、レジストのスピン塗布前に、酸化シリコンの高温処理を与えることによって、軽減されない。その結果、ハードベークされたレジストが酸化シリコンに対して乏しい付着性を有することが確かめられた。この問題は、ハードベークされたレジストと酸化シリコンとの間に薄い緩衝層を使用して軽減される。

【0029】図3は、本発明による第3の実施例における酸化シリコンのエッチングプロセスを示す図である。図3において、第1の実施例と同一の部材は同一の符号により示される。したがって、繰り返しの説明はここでは省略する。第3の実施例において、レジスト7のスピン塗布の前に、厚さ150オングストローム以下の薄い緩衝層6を、酸化シリコン2上に堆積する。緩衝層6として使用されるこの種の材料は、高い沸点を有し、また酸素プラズマでドライエッチングされてはならない。本実施例においては、Crを使用した。Mo、Ni-Cr合金、Ti、Ta、Pt、Si、ポリシリコンのような他の材料も使用できる。

【0030】緩衝層6の形成に続いて、光無感応性レジスト（例えば、商標名：OFR-GA2等）を、緩衝層6上にスピン塗布し、次に、それを前述した同じ条件で45分以上ハードベークする。使用されるレジストは、他に具体的に述べない限り、すべての種類の光無感応性レジストである。この場合、スピン塗布されるレジストの厚さは、酸化シリコンのエッチングの厚さに依存する。常に、酸化シリコンのエッチングされる厚さと比較して1 $\mu$ m以上の厚さのレジストが必要とされ、それは、多工程のスピン塗布を使用して行われ、各工程に続いて、長時間の高温ベーク（前述した条件で）が必要とされる。

【0031】次に、厚さ600オングストローム以下のTiのような金属の薄い層8を、ハードベークされたレジスト7上へ蒸着する。本実施例の特徴は、2つの異なる種類の材料を、緩衝層6および上部層8として使用することである。例えば、この実施例においては、上部層8がTiであり、緩衝層6がCrである。この工程に続く他のプロセスは、第1の実施例で既に説明されている。それ故、それらの説明をここでは省略する。本実施例では、光無感応性ハードベークレジストを用いた。広義には、それは全ての種類のレジストを含むポリイミドとすることができる。また、Cr/ハードベークされたレジスト/Ti以外に、Mo/ハードベークされたレジスト/Ti、またはW/ハードベークされたレジスト/Ti、またはWSi<sub>x</sub>/ハードベークされたレジスト/Ti等のような他の組合せを使用できる。Tiの代わりに、Alをこれらの組合せに使用できる。第3の実施例においては、Cr緩衝層上にある多層マスクを、次の酸化シリコンのエッチングに対して使用した。本実施例の特徴は、下層の酸化シリコンのエッチングに続き、緩衝層上に残されたハードベークされたレジストを、超音波洗浄の際に緩衝層のウェットエッチングによりリフトオフできることである。

【0032】図4は、第4の実施例において深い酸化シリコンに対するエッチングプロセスを示す図である。図4において、第1および第3の実施例と同一の部材は同一の符号により示される。したがって、繰り返しの説明はここでは省略する。第2の実施例と同様に、酸化シリコンのエッチング前に、上部の薄いTiをウェットエッチングする。前述のように、緩衝層および上部層に異なる層が使用されるので、上部金属のウェットエッチングが、緩衝層をウェットエッチングにすることがない。次に、酸化シリコンを、緩衝層6上にあるハードベークされたレジストマスク7(b)を使用してエッチングする。この工程に続く他のプロセスは、第3の実施例において既に説明したので、その説明はここでは省略する。最終的に得られたエッチングプロファイルは、なんらの影響も受けなかった。

【0033】図5は、第5の実施例において深い酸化シリコンのエッチングに対するエッチングプロセスを示す略図である。図5において、第1および第3の実施例と同一の部材は同一の符号により示される。したがって、同様の説明はここでは省略する。酸化シリコンのエッチングの前に、下部の緩衝層6を、市販のウェットエッチングを使用してウェットエッチングし、パターン6(c)を作製することができる。レジストパターン7(b)を酸素プラズマを使用して作る場合、緩衝層6の表面が酸化する可能性があることに注意すべきである。その場合において、酸化が生じると、緩衝層のウェットエッチングとその酸化層のウェットエッチングより成る20 2工程のウェットエッチングを行う。前述のように、緩



## 13

衝層として選択されるこの種の材料は、酸素プラズマにより容易に酸化されてはならない。Crが緩衝層に使用されると、その酸化層（もしあれば）を、一般のウエットエッチャントを使用してウエットエッチングできることが解る。薄い層が緩衝層に使用されるので、ウエットエッチングには数秒必要とされる。この工程に続く他のプロセスは、第1および第3の実施例において説明したことと同じであるので、その説明はここでは省略する。

【0034】図6は、第6の実施例において深い酸化シリコンに対するエッチングプロセスを示す図である。図6において、第1、第2、第3、第4および第5の実施例と同一の部材は同一の符号により示される。したがって、繰り返しの説明をここでは省略する。酸化シリコンのエッチング前に、上部の薄いTi層8をウエットエッチングする。この結果、薄い緩衝層6（c）と共にハードベークされたレジスト7（b）が、次の酸化シリコンのエッチングに対するマスクとして使用される。この工程に続くプロセスは、第3の実施例において既に説明した。本実施例は、サブミクロン範囲の酸化シリコンのエッチングが望まれるVLSI応用に使用されるだけでなく、深い酸化シリコンのエッチングが必要とされる3次元VLSIプロセスおよびフォトニック集積のような応用にも使用される。

【0035】

【発明の効果】本発明を使用すると、0.2μm以下のサブミクロン範囲の酸化シリコンのホールを作製できる。また、エッチングプロファイルの良好な制御性を有する20μm以上の深い酸化シリコンのエッチングを、フルオロカーボンガス・プラズマ内でRIEまたはRIBEを使用して行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例でのサブミクロン範囲の浅い酸化シリコンのエッチングプロセスを示す図である。

【図2】第2の実施例でのサブミクロン範囲の酸化シリコンのエッチングプロセスを示す図である。

## 14

【図3】第3の実施例での任意厚さの酸化シリコンのエッチングプロセス、特に、深い酸化シリコンのエッチング・プロセスを示す図である。

【図4】第4の実施例での任意厚さの酸化シリコンのエッチングプロセス、特に、深い酸化シリコンのエッチング・プロセスを示す図である。

【図5】第5の実施例での深い酸化シリコンのエッチングプロセスを示す図である。

【図6】第6の実施例での深い酸化シリコンのエッチングプロセスを示す図である。

【図7】サブミクロン範囲の酸化シリコンのエッチングプロセスを示す図である。

【図8】深い酸化シリコンに対する一般のエッチングプロセスを示す図である。

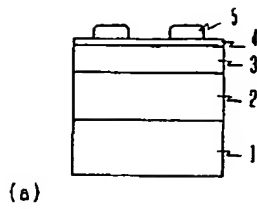
【図9】深い酸化シリコンに対する一般のエッチングプロセスを示す図である。

【符号の説明】

- 1 基板
- 2 酸化シリコン膜
- 3 レジストパターン
- 4 Tiパターン
- 5 フォトレジストパターン
- 6 金属緩衝層
- 7 レジストパターン
- 8 上部金属
- 9 ポリイミド
- 10 Al層
- 11 フォトレジスト
- 12 バシベートされた層
- 15 厚いフォトレジストパターン
- 16 金属パターン
- 17 レジストパターン
- 18 側面粗さ
- 19 側面粗さ

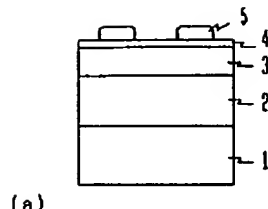


【図1】



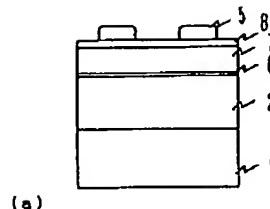
(a)

【図2】



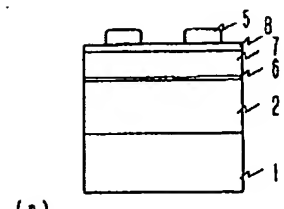
(a)

【図3】

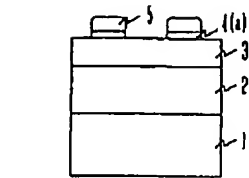


(a)

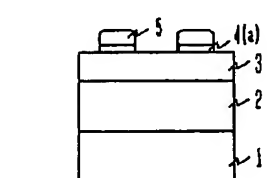
【図4】



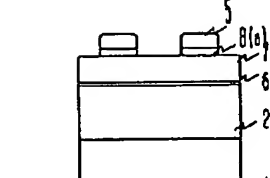
(a)



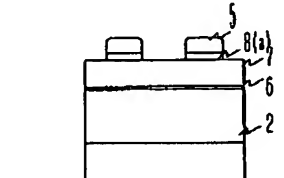
(b)



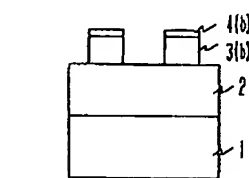
(b)



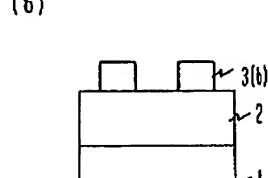
(b)



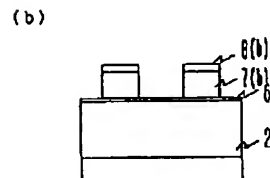
(b)



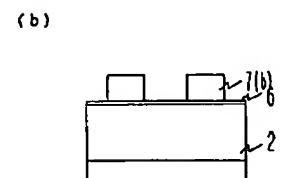
(c)



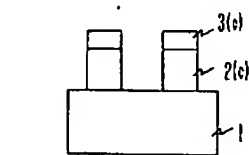
(c)



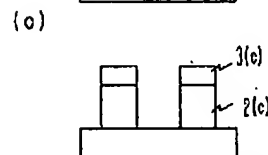
(c)



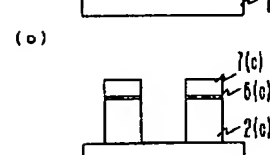
(c)



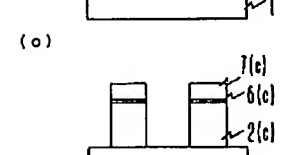
(d)



(d)

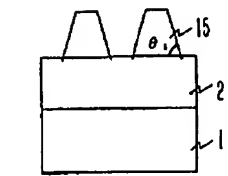


(d)



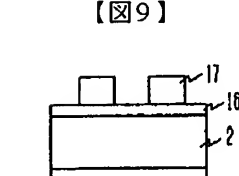
(d)

【図8】

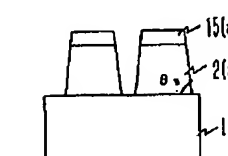


(a)

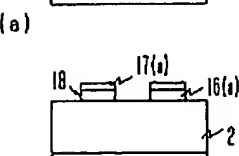
【図9】



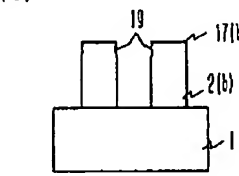
(a)



(b)

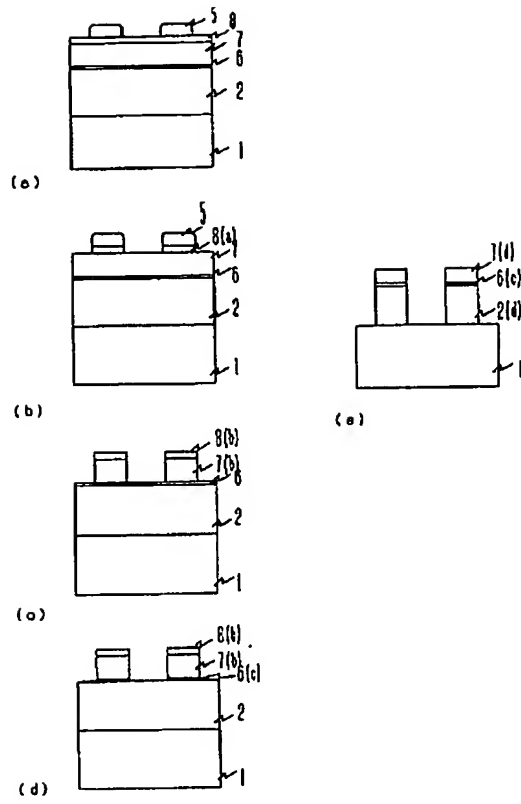


(b)

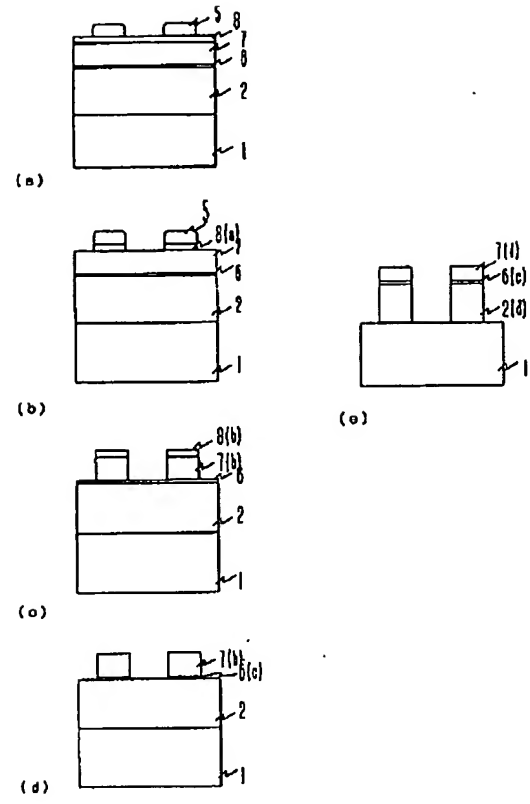


(c)

【図5】



【図6】



【図7】

